

Universidade Federal da Grande Dourados

Luana Ceolin Farias

Fossa séptica biodigestora associada a círculo de bananeira como proposta de
tratamento de esgoto rural

Dourados
2021

Luana Ceolin Farias

Fossa séptica biodigestora associada a círculo de bananeira como proposta de tratamento de esgoto rural.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Lôide Angelini Sobrinha
Área de concentração: Engenharia Civil

Dourados
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 08:05 horas do dia 22 de novembro de 2021, realizou-se no Google Meet a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado Fossa séptica biodigestora associada a círculo de bananeira como proposta de tratamento de esgoto rural, de autoria da discente Luana Ceolin Farias, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.


Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

- (x) Aprovado
() Reprovado

A discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. A orientadora se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo discente para a elaboração da versão final.


OBSERVAÇÕES ADICIONAIS


DISCENTE

Nome: Luana Ceolin Farias Assinatura: 

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Lôide Angelini Sobrinha Assinatura: _____

Membro: Danielle Cristine Pedruzzi Assinatura: 

Membro: Nathalia Leite Bittencourt Figueiredo Assinatura: 

FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA ASSOCIADA A CÍRCULO DE BANANEIRA COMO PROPOSTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO RURAL

Luana Ceolin Farias¹ Lôide Angelini Sobrinha²

luanaceolinn@hotmail.com¹; loidesobrinha@ufgd.edu.br²

Discente do curso de Engenharia Civil da UFGD¹; Docente do curso de Engenharia Civil da UFGD²

RESUMO - No Brasil somente 60,2% da população possui atendimento por redes de esgoto. Em relação a rede de tratamento, menos de 30% da população rural é atendida (UM SÓ PLANETA, 2021). Visto a importância dos sistemas de tratamento de esgoto nas áreas rurais, o presente trabalho tem como objetivo propor um sistema de tratamento de esgoto composto por fossa séptica biodigestora, modelo EMBRAPA, associada ao círculo de bananeiras, em lote rural localizado próximo ao rio Dourados, além também, de realizar a comparação dos custos com o sistema tradicional e determinar o volume de efluentes de esgoto que o sistema evitará de lançar in natura no rio Dourados. O dimensionamento do sistema foi realizado de acordo com a NBR 7229 de 1993, o manual de construção da EMBRAPA e a cartilha técnica da EMATER. O sistema proposto para o tratamento do esgoto apresenta redução de 13,77% no custo quando comparado ao sistema tradicional e evita o lançamento de 52500 litros de esgoto *in natura* no rio Dourados.

Palavras-chave: saneamento rural; modelo EMBRAPA; custos do sistema.

ABSTRACT - In Brazil, only 60,2% of the population has service by sewage networks. In relation to the treatment network, less than 30% of the rural population is served. Given the importance of sewage treatment systems in rural areas, the present undergraduate thesis aims to propose a sewage treatment system composed of biodigester septic tank, EMBRAPA model, associated with the banana circle, in a rural lot located near the Dourados river, in addition to comparing costs with the traditional system and determine the volume of sewage effluents that the system will avoid throwing in natura into the Dourados River. The system design was designed according to NBR 7229 of 1993, EMBRAPAS's construction manual and EMATER's technical booklet. The proposed system for sewage treatment shows a reduction of 13.77% in cost when compared to the traditional system and avoids the release of 52500 liters of fresh sewage into the Dourados River.

Keywords : rural sewerage; EMBRAPA model; system costs.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito assegurado pela Lei nº. 14026, de 15 de julho de 2020, denominado como um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (BRASIL, 2020).

No Brasil, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referente ao 23º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto em 2017, é perceptível que o país se desenvolve de forma lenta e com baixos índices de atendimentos. Segundo dados, somente 60,2% da população tem atendimento por redes de esgoto (BRASIL, 2019). Desta forma, mesmo com a Lei nº. 14026 garantindo que os serviços citados sejam de direitos do cidadão, têm-se também que em 2017, de acordo com as estatísticas do Instituto Trata Brasil (2019), o país lançou aproximadamente 5.622 piscinas olímpicas de esgoto não tratado na natureza.

Além disso, segundo dados levantados pelo IBGE, o tratamento de esgoto é um serviço público oferecido a menos de 30% da população rural (UM SÓ PLANETA, 2021), o que torna recorrente as doenças transmitidas pela água contaminada. No país, em 2018, foram 233880 internações causadas por doenças de veiculação hídrica, sendo 19271 no centro-oeste (TRATA BRASIL, 2019). De acordo com a FUNASA, para cada um real gasto em investimentos no setor do saneamento básico economiza-se quatro reais na área da saúde (BRASIL, 2004).

Apesar do risco ao meio ambiente e às pessoas, as fossas rudimentares ainda são a realidade para 7 milhões de brasileiros (UNICEF, 2018). Nas zonas rurais ainda é comum o uso de fossas, mas em muitos casos o esgoto é lançado diretamente nos corpos hídricos ou no solo sem nenhum tratamento prévio, podendo acarretar problemas ao meio ambiente e à saúde da população local (TONETTI et al, 2010).

No ano 2000, visando atender essas demandas no meio rural, Novaes et al. (2006) desenvolveu um sistema alternativo de tratamento, denominado fossa séptica biodigestora modelo EMBRAPA, a qual consiste em um simples sistema de tratamento do esgoto de dejetos humanos, cujo intuito é substituir o esgoto a céu aberto e as atuais fossas utilizadas em propriedades rurais.

A fossa séptica biodigestora modelo EMBRAPA é composta por 3 caixas d'água conectadas, e para que ocorra o tratamento correto através do processo de biodigestão, ao iniciar o funcionamento, é necessário a utilização de esterco de bovino fresco e água,

pois a mistura na proporção correta estimula as bactérias para que ocorra a biodigestão dos dejetos, transformando-os em um adubo orgânico (OTENIO et al, 2014).

Os benefícios desse sistema em relação às fossas convencionais consistem na reciclagem dos dejetos e sua vedação que impede a proliferação de vetores e doenças. Contudo, a fossa séptica biodigestora só trata o esgoto proveniente do vaso sanitário, tendo necessidade de um tratamento paralelo para os efluentes de ralos, tanques e pias, denominados como águas cinzas. Ademais, é necessário ressaltar a importância da separação dos sistemas, pois a utilização de determinados produtos de limpeza podem inviabilizar o uso da fossa séptica biodigestora, matando as bactérias necessárias para funcionamento do sistema. (COSTA; GUILHOTO, 2014).

Portanto, associa-se o sistema de fossas sépticas biodigestoras ao uso do círculo de bananeiras para tratamento dos efluentes que não podem ser tratados no sistema EMBRAPA. O círculo de bananeiras é uma tecnologia simples e apropriada para o reuso deste efluente, pois diminui o consumo de água tratada na irrigação, além de promover a recarga do lençol freático, manter os nutrientes no local auxiliando no crescimento da vegetação, diminui o volume de esgoto lançado *in natura* nos corpos hídricos e o impacto das fossas rudimentares (LEAL, 2016).

A Tabela 1 apresentada abaixo, exhibe um resumo dos principais aspectos dos sistemas de fossa rudimentar, fossa séptica e da fossa séptica biodigestora, sendo a última utilizada neste trabalho, com a finalidade de se ter um melhor conhecimento sobre as opções existentes utilizadas e justificar a opção avaliada.

Tabela 1 – Comparação entre as opções de fossa para saneamento

	Fossa Rudimentar	Fossa Séptica	Fossa Séptica Biodigestora
Contaminação das águas superficiais	sim	não	não
Contaminação das águas subterrâneas	sim	não	não
Necessidade de limpeza	sim	sim	não
Efluente reciclável	não	não	sim
Proliferação de vetores	sim	sim	não
Odor desagradável	sim	sim	não
Vedação hermética	não	não	sim

Fonte: Adaptada de Abranches, Queiroz e Pereira (2018).

Nota-se que ao contrário da fossa séptica, as fossas rudimentares não trabalham visando evitar a contaminação das águas. Entretanto, apesar da grande vantagem da fossa séptica evitar essa contaminação, não promove a reciclagem dos dejetos humanos como promove a fossa séptica biodigestora, a qual evita a contaminação de águas subterrâneas e, diferentemente dos outros métodos, promove a reciclagem dos dejetos.

Desta forma, o resultado da reciclagem é um efluente sem cheiro e com alta carga de nutrientes, podendo ser utilizado diretamente para adubação de plantas localizadas próximas às residências, o que é muito comum na área rural, trazendo uma economia no consumo de fertilizantes químicos (COSTA e GUILHOTO, 2014).

Assim, atentando-se à carência do tratamento de esgoto no meio rural, o presente trabalho tem como objetivo propor um sistema de tratamento de esgoto composto por fossa séptica biodigestora modelo EMBRAPA associado ao círculo de bananeiras, em lote rural localizado próximo ao rio Dourados. Comparando ainda, seus custos com o sistema tradicional, conhecido como fossa séptica, e estimar o volume de efluentes que o sistema evitará de ser lançado *in natura* no rio Dourados.

2 METODOLOGIA

O lote em estudo possui dimensões de 20 x 50 m e localiza-se em área rural na região norte do município de Vicentina-MS (-22.252901, -54.337990), há 150 metros do rio Dourados. A área rural possui 20 lotes próximos ao rio, sendo um desses utilizado para estudo. A área delimitada pela cor vermelha na Figura 1 representa a área de estudo.

Figura 1 - Região que abrange o lote em estudo

Fonte: Google, (2021).

A área de estudo foi escolhida em virtude das problemáticas de saneamento existentes na região, onde após estudo, propôs-se o tratamento mais adequado visando evitar o lançamento de esgoto doméstico *in natura* no rio Dourados.

Diante disso e com base na Tabela 1, para o tratamento do esgoto doméstico utilizou-se o sistema modelo EMBRAPA, composto de três tanques sépticos feitos com caixas d'água. Enquanto para o tratamento das águas cinzas, utilizou-se uma técnica simplificada denominada círculo de bananeira.

Para proposta de implantação e apresentação do sistema, foi considerado a NBR 7229 (ABNT, 1993), o manual de construção da fossa séptica biodigestora com caixas d'água da EMBRAPA (OTENIO et al, 2014) e a cartilha técnica da EMATER-MG (LEAL, 2016).

A NBR 7229 (ABNT, 1993) estabelece que os tanques sépticos sejam instalados em locais afastados no mínimo 1,5 metro de construções, sumidouros e valas de infiltração. Instalações de água para abastecimento e árvores devem estar a 3 metros de distância dos tanques, que também devem ter um espaçamento mínimo de 15 metros dos poços e corpos hídricos.

Além disso, é necessário que a fossa séptica biodigestora seja instalada em local com grande incidência de luz solar, pois o esterco bovino contém bactérias que degradam a biomassa já acima dos 15° C (GALINDO, 2010). Para a proposta do sistema,

considerou-se a temperatura média do ano de 2020 na cidade de Dourados, sendo de 17,4°C (EMBRAPA, 2021).

O manual de construção da fossa séptica biodigestora com caixas d'água da EMBRAPA (OTENIO et al, 2014) apresenta todas as técnicas e procedimentos necessários para a instalação e dimensionamento do sistema, que consiste em três tanques sépticos. Os dois primeiros são denominados módulos de fermentação, onde ocorre a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. E o último tanque, ou caixa coletora, é destinado ao armazenamento do efluente já tratado e pronto para uso.

A cartilha técnica da EMATER-MG (LEAL, 2016) apresenta a importância do uso do círculo de bananeira e seus critérios de instalação, onde o efluente tem contato inicial com a caixa de gordura para a separação da água, posteriormente seguindo para a vala circundada por bananeiras e preenchida com materiais que ajudam na filtragem e absorção dos nutrientes no solo.

2.1. Elementos construtivos

De acordo com o manual de construção da fossa séptica biodigestora com caixas d'água modelo EMBRAPA (OTENIO, 2014), os materiais e quantidades necessárias para a construção de uma fossa séptica biodigestora com capacidade para atender uma residência de cinco pessoas, são os itens e quantidades descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Materiais necessários para construção da fossa séptica biodigestora, sistema EMBRAPA

Itens	Quantidades
Curva de PVC de 90° - Ø 100 mm	2
Flange de PVC soldável - Ø 50 mm	1
Caixa d'água de 1000l polipropileno ou fibra de vidro	3
Válvula de retenção - Ø 100 mm	1
Tê de inspeção - Ø 100 mm	2
Tubo com 30 cm de comprimento - Ø 25 mm	2
Tubo - Ø 50 mm	1
Tubo de PVC com 30 cm de comprimento - Ø 100 mm	5
Registro de esfera - Ø 50 mm	1
Silicone para vedação - 500ml	1
Flange de PVC soldável - Ø 25 mm	2
Cola PVC - 200 ml	1

Continuação

Arame galvanizado - 15 cm	9
Tampões de PVC - Ø 25mm	2
Câmara de ar de pneu ou bicicleta	3

Fonte: Adaptada de Cartilha Técnica EMBRAPA (2014).

2.2 Construção da fossa séptica biodigestora

2.2.1 Abertura da vala

O início da escavação é feito após a demarcação do local a ser escavado. Deve haver distância de 50 a 60 cm entre as valas, conforme demonstra a Figura 02-b. Onde após niveladas, são enterradas as caixas de tratamento para manter a temperatura adequada para a fermentação anaeróbia.

Figura 02 - Demarcação do local a ser escavado



(a)

(b)

Fonte: OTENIO et al, (2014).

2.2.2 Preparo das tampas e caixas

Para a confecção da primeira e segunda caixa, com a furadeira serra-copo de 100 mm, é necessário furar o lado esquerdo e direito de ambas as caixas de maneira alinhada, como indicado na Figura 03. Os furos devem estar localizados a 3 cm abaixo da borda superior.

Figura 03 - Execução dos furos superiores com a furadeira serra-copo



Fonte: OTENIO et al, (2014).

Para a confecção da terceira caixa, diferentemente das outras duas, os furos não devem ser alinhados. Fura-se o lado esquerdo superior da caixa para a entrada, e o direito inferior para saída, a 3 cm abaixo da parte inferior da caixa, com a serra do tipo serra-copo, de 50 mm, conforme apresentado na Figura 04.

Figura 04 - Execução do furo inferior com a furadeira serra-copo



Fonte: OTENIO et al, (2014).

Para as tampas, a perfuração é feita somente nas duas primeiras caixas, sendo o furo feito no meio da tampa com a serra-copo de 25 mm.

2.2.3 Produção do sistema

Para a preparação da primeira caixa, inicialmente define-se o sentido dos efluentes. Após definido, é feito o encaixe do tubo de PVC de 100 mm em um dos furos. E, posteriormente, é passado cola por fora do tubo para o encaixe da válvula de retenção no final da tubulação.

É de suma importância ter atenção nessa etapa, pois a válvula de retenção possui dois bocais, além de uma seta orientando o sentido de sua instalação. O sentido da instalação deve coincidir com o sentido do esgoto, que chegará do banheiro nesta caixa (OTENIO et al, 2014).

Conforme a Figura 05, a curva de PVC é encaixada no furo feito (a), seguindo com a passagem de cola nas duas extremidades da curva (b), onde encaixa-se o tubo de PVC de 100 mm no final da mesma (c), e na outra extremidade encaixa-se o tê de inspeção (d), finalizando a composição da primeira caixa, como demonstrado na Figura 06.

Figura 05: Processo de finalização da primeira caixa



Fonte: OTENIO et al, (2014).

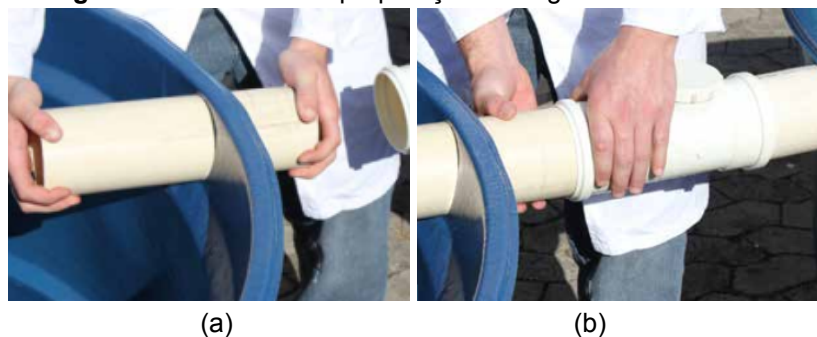
Figura 06: Primeira caixa finalizada



Fonte: OTENIO et al, (2014).

A Figura 07 apresenta parte da etapa de preparação da segunda caixa. Iniciando com o encaixe do tubo de PVC, de 100 mm, no furo escolhido para entrada (a), seguindo com a aplicação da cola para o encaixe da tubulação no tê de inspeção da primeira caixa (b). Na outra extremidade, encaixa-se a curva no furo, seguindo os mesmos procedimentos da caixa inicial, finalizando a segunda caixa na etapa de instalação do tê de inspeção.

Figura 07: Processo de preparação da segunda caixa

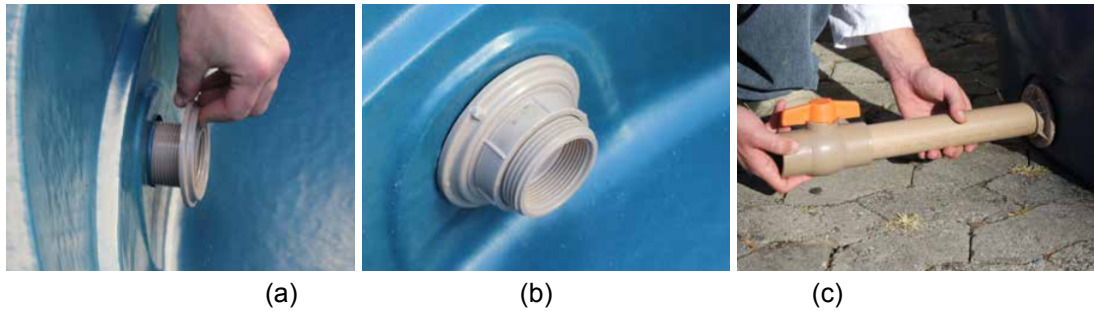


Fonte: OTENIO et al, (2014).

Para a preparação da terceira caixa, encaixa-se o tubo de PVC de 100 mm no furo superior, seguido dos mesmos procedimentos de conexão entre as caixas realizados anteriormente. Porém, como mostrado na Figura 08, diferentemente das outras caixas,

deve-se fazer o encaixe da flange de 50 mm no furo inferior da caixa, encaixando a rosca maior por dentro (a), seguido da rosca menor (b). No lado externo, após a passagem da cola, é feito o encaixe da tubulação de PVC, de 30 cm de comprimento e 50 mm de diâmetro (c), seguido do encaixe do registro de esfera na extremidade do tubo (c).

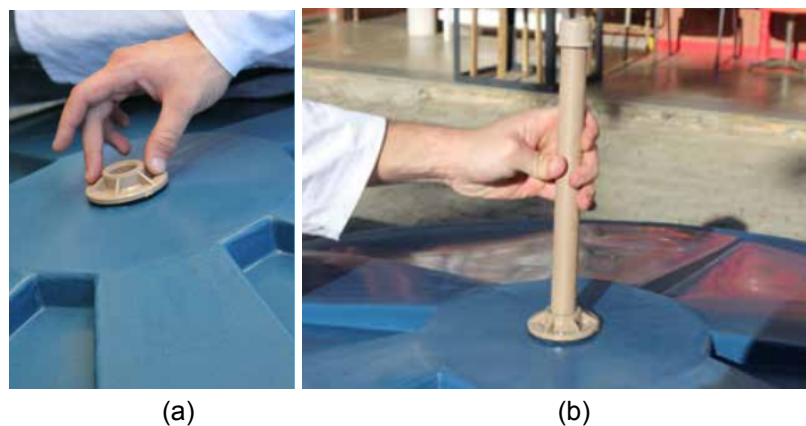
Figura 08: Finalização da terceira caixa



Fonte: OTENIO et al, (2014).

Para finalizar essa etapa, é feito o encaixe do flange de 25 mm na extremidade da tampa (a), seguido da colocação da tubulação de PVC de 25 mm, que funcionará como suspiro (b), como representado na Figura 9.

Figura 09: Encaixe da flange e do suspiro na terceira caixa



Fonte: OTENIO et al, (2014).

Conforme estipulado na cartilha EMBRAPA (OTENIO et al, 2014), as caixas já conectadas são alocadas nos locais escavados, e após enterradas, passa-se silicone em todos os encaixes para evitar vazamentos e entrada de ar (Figura 10 a). Com exceção da terceira caixa, faz-se necessária a utilização de uma câmara de borracha (b), podendo ser de pneu ou bicicleta, de aproximadamente 10 cm de largura, sobre as bordas para que ocorra a vedação adequada, isso é feito para não permitir a entrada de ar (c).

Para finalizar a produção do sistema, somente nas duas primeiras caixas são feitos nove furos na tampa, de maneira a furar a tampa e a borda da caixa d'água de uma só vez. Os furos da tampa devem coincidir com os furos da borda da caixa e os arames devem ser apertados para impedir a entrada de ar (d). Feito isso, o sistema está disponível para uso.

Figura 10: Finalização da terceira caixa



Fonte: OTENIO et al, (2014).

Por fim, para que o sistema funcione é necessário a utilização de 10 litros de esterco de bovino fresco misturados com 10 litros de água. Posterior a isso, mensalmente a mistura na proporção de 5 litros de esterco de bovino fresco para 5 litros de água, o que fornece as bactérias que estimulam a biodigestão dos dejetos, transformando-os em um adubo orgânico (OTENIO et al, 2014).

2.2.3 Círculo de bananeira

De acordo com a cartilha da EMATER (LEAL, 2016), antes das águas cinzas chegarem na vala, faz-se uma caixa de gordura para retenção de óleos e graxas, evitando uma possível obstrução futura do sistema. Em seguida, faz-se a escavação do tanque de seção circular com 1,4 metros de diâmetro e 0,6 metros de profundidade.

O buraco, depois de escavado, deve ser preenchido com troncos grossos de madeira, espalhados de maneira irregular no fundo, seguido de galhos médios e finos, finalizando com palha, formando um monte de aproximadamente 1 metro de altura acima da borda no buraco. O efluente é conduzido pela tubulação e através de um joelho, deságua em meio ao monte de palha seca depositado no local escavado, evitando que a água proveniente da tubulação fique em contato com a superfície.

Considerando a área de implantação, ao redor do local escavado deve-se plantar de 4 a 6 mudas de bananeiras, pois assim como outras plantas de folhas largas, as bananeiras evaporam grandes quantidades de água e se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica (LEAL, 2016). Para a proposta do sistema, adotou-se 01 círculo

de bananeira com 4 bananeiras, pois para uma casa com até 5 pessoas recomenda-se o uso de 01 ou 02 círculos de bananeiras para tratar os efluentes produzidos.

2.2.4 Disposição final

O sistema proposto deve ser finalizado como apresenta a Figura 11, onde com a finalização do tratamento das caixas sépticas biodigestoras (a), o efluente tratado se encontrará na terceira caixa (b), pronto para reuso em atividades que não envolvam o consumo humano direto, como a fertilização de produtos agrícolas. Entretanto, diferentemente das caixas sépticas, o tratamento com a utilização do círculo de bananeiras não possui efluente final, como apresentado a Figura 12, pois o processo é finalizado através da evaporação das folhas e absorção do solo.

Figura 11: Proposta do sistema EMBRAPA finalizado para uso e seu efluente final



(a)

(b)

Fonte: OTENIO et al, (2014).

Figura 12: Proposta do sistema de círculo de bananeira finalizado para uso



Fonte: LEAL, (2016).

2.2.5 Análise econômica

O orçamento dos materiais a serem utilizados para a confecção do sistema de tratamento de esgoto, que atenderá uma residência de 5 pessoas, foi realizado por meio

do levantamento de preço em lojas virtuais de material de construção e jardinagem na cidade de Dourados.

Vale ressaltar que a economia mencionada é apenas uma estimativa, uma vez que os valores dos materiais são variáveis de acordo com a localidade e outros fatores que podem interferir no valor final da instalação.

2.2.6 Estimativa do volume de efluentes líquidos gerados

Estima-se a redução do volume de efluentes através da contribuição média diária de despejo de esgoto. De acordo com Sperling (1998), essa contribuição é de 120 litros. Entretanto, conforme mencionado por Silva (2011) apud Costa e Guilhoto (2014), enfatiza que pelo fato da fossa séptica biodigestora tratar somente os resíduos provenientes do vaso sanitário, a contribuição média diária passa a ser 30 litros por dia.

Desta forma, para uma residência de 5 pessoas, considera-se o consumo de 30L/dia e coeficiente de retorno de 0,80, estipulado pela NBR 9649 (ABNT,1986). Assim, determina-se a vazão dos efluentes através das equações demonstradas por Nieto (2018), utilizando os valores de volume por unidade de tempo, calculado através da população e da sua respectiva contribuição per capita de esgoto ou consumo de água multiplicado pelo coeficiente de retorno da água/esgoto (c), conforme a Equação 1:

$$Q \text{ (L/d)} = \text{Pop. (hab.)} \times \text{Consumo per capita de esgoto (L/hab.xd)} \times c \quad (\text{Equação 1})$$

Desta forma, com a utilização de regra de três, determina-se o volume dos efluentes destinados à fossa séptica biodigestora em um ano.

1 dia ----- 120L

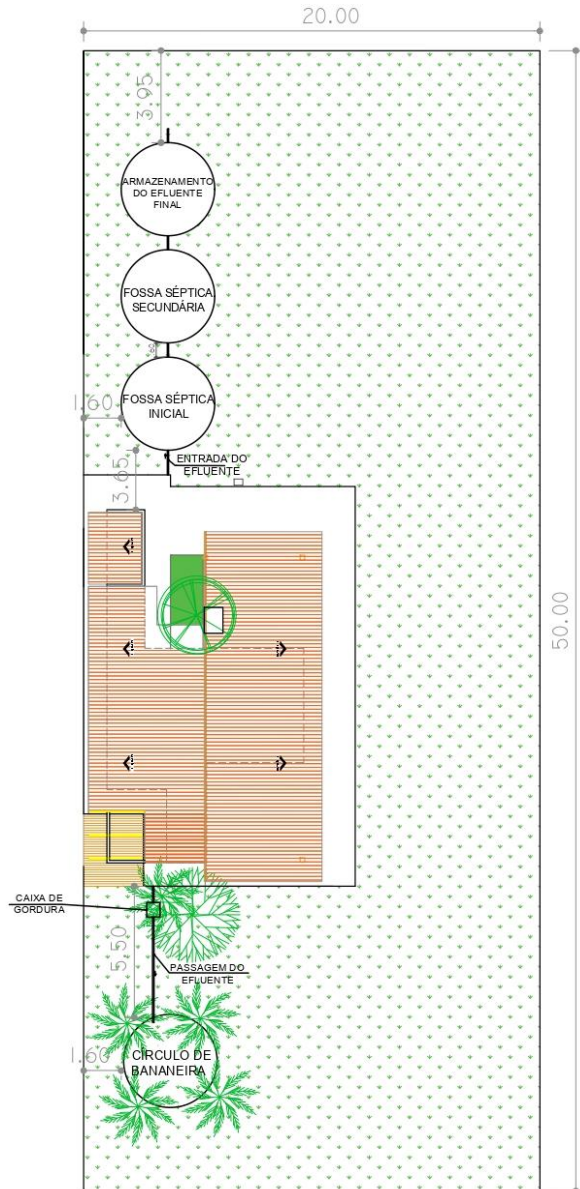
365 dias ----- x

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Concepção do sistema

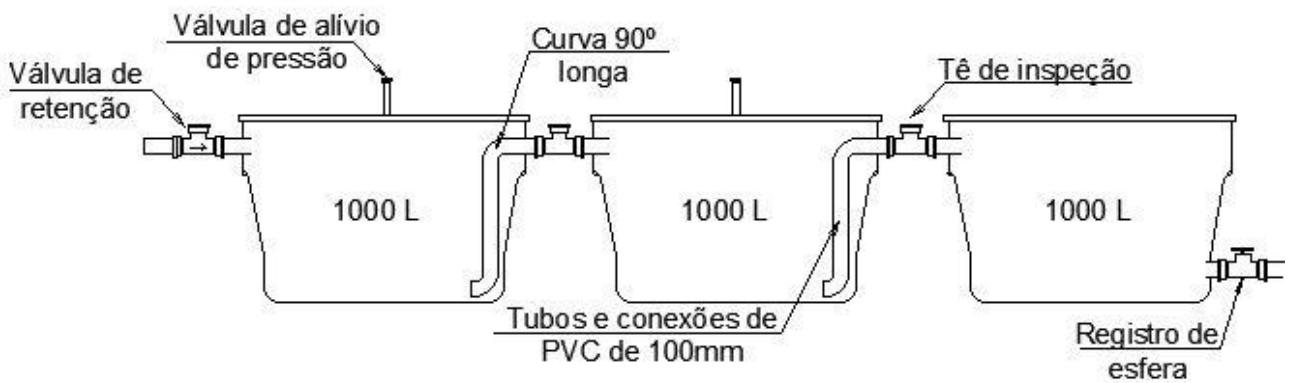
A concepção do sistema de tratamento seguirá o desenho esquemático da Figura 13 e 14, respectivamente. Em que o esgoto proveniente do vaso sanitário irá diretamente para a fossa séptica para tratamento e armazenamento final, e os efluentes cinzas irão para o círculo de bananeiras, conforme a Figura 15.

Figura 13: Sistema modelo EMBRAPA e círculo de bananeira locado em planta

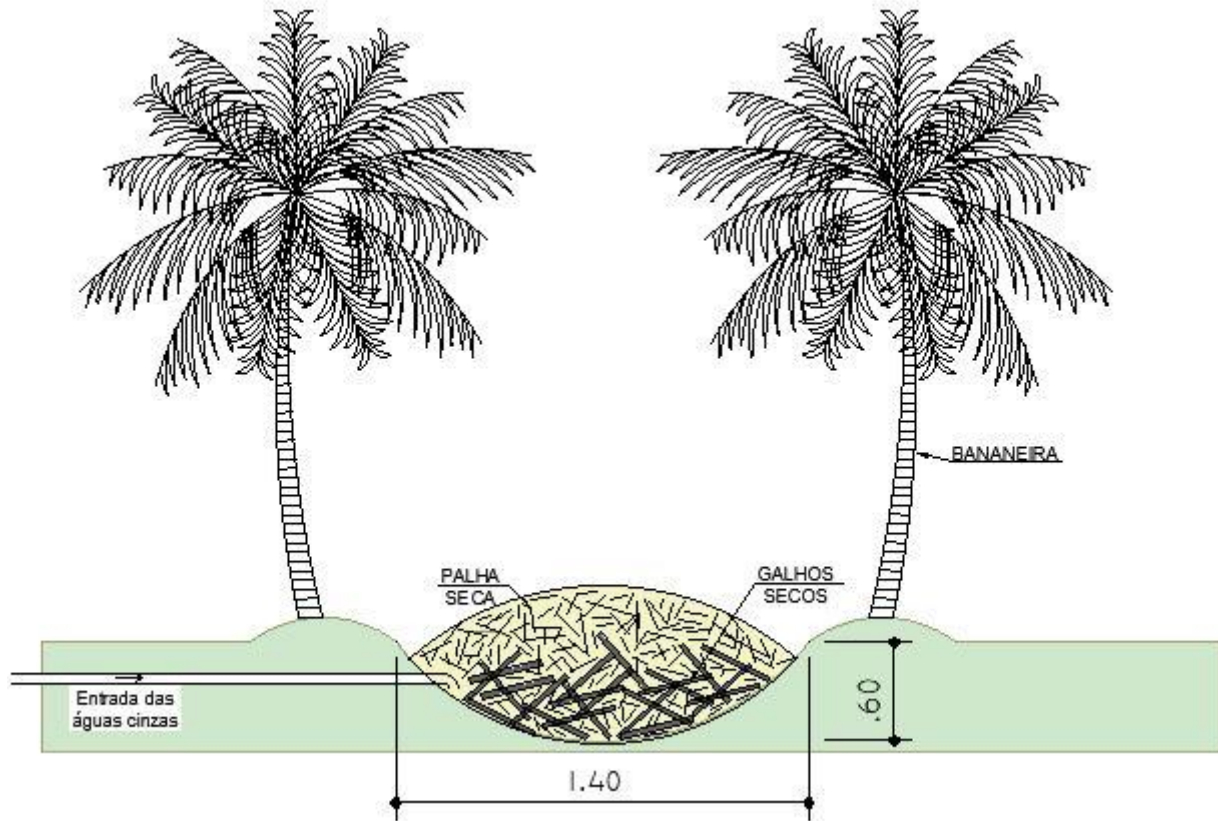


Fonte: Autor, (2021).

Figura 14: Detalhamento em corte do sistema modelo EMBRAPA



Fonte: Galindo et al. (2010).

Figura 15: Detalhamento em corte do círculo de bananeira

Fonte: Autor, (2021).

Observa-se que a fossa séptica modelo Embrapa é um sistema simples e compacto. É desenvolvido para tratar o esgoto dos banheiros de residências rurais com até sete pessoas, onde o esgoto é lançado dentro de um conjunto de três caixas d'água interligadas, conforme apresentado neste trabalho, e evita o lançamento no solo, córrego ou rio, prática comumente observada em vários locais do País. Ao entrar no sistema, o esgoto é tratado pelo processo de biodigestão que reduz muito a carga de agentes biológicos perigosos para a saúde humana (OTENIO et al, 2014).

É necessário ressaltar a importância da separação dos efluentes, pois como enfatiza Langergraber e Muellergger (2005), o reuso das águas cinza reduz o volume de água descartada na rede de esgoto e o consumo de água potável, onde tem-se que um dos grandes problemas dos tratamentos de esgoto é a mistura de pequenas quantidades de substâncias prejudiciais com grandes quantidades de água, o que muitas vezes encarece o tratamento.

3.2 Comparação de custos

Os materiais, quantidades e seus respectivos valores para a construção de uma fossa séptica biodigestora com capacidade para atender uma residência de cinco pessoas, foram descritos na Tabela 3. Os itens e valores para a construção do círculo de bananeiras, foram descritos na Tabela 4.

Tabela 3 – Orçamento do sistema modelo EMBRAPA

Itens	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Curva de PVC de 90° - Ø 100 mm	2	20,00	40,00
Flange de PVC soldável - Ø 50 mm	1	28,00	28,00
Caixa d'água de 1000l polipropileno ou fibra de vidro	3	379,90	1139,70
Válvula de retenção - Ø 100 mm	1	107,34	107,37
Tê de inspeção - Ø 100 mm	2	14,50	29,00
Tubo com 30 cm de comprimento - Ø 25 mm	2	28,9	57,80
Tubo - Ø 50 mm	1	65,00	65,00
Tubo de PVC com 30 cm de comprimento - Ø 100 mm	5	97,00	97,00
Registro de esfera - Ø 50 mm	1	22,80	22,80
Silicone para vedação - 500ml	1	15,00	15,00
Flange de PVC soldável - Ø 25 mm	2	2,00	4,00
Cola PVC - 200 ml	1	20	20,00
Arame galvanizado - 15 cm	9	18,90/kg	18,90
Tampões de PVC - Ø 25mm	2	1,52	3,04
Câmara de ar de pneu ou bicicleta	3	0	0
TOTAL			1647,61

Fonte: Autor, (2021).

Tabela 4 - Orçamento do círculo de bananeiras

Itens	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Muda de bananeira	4	35,00	140,00
TOTAL			R\$ 140,00

Fonte: Autor, (2021).

Através da listagem de custo dos materiais utilizados, verificou-se que o sistema de tratamento do modelo EMBRAPA associado ao círculo de bananeiras propicia uma economia de 13,77%, visto que, para Santos e Giglio (2011) o tanque séptico-sumidouro de alvenaria (sistema tradicional) possui um custo de R\$ 2073,24, enquanto o sistema

EMBRAPA associado ao círculo de bananeira custa R\$ 1787,61, conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4.

Estudos realizados por Costa e Marmo (2020) afirmam que, apesar de ser uma tecnologia social voltada para ganhos de saúde e melhorias no meio ambiente, os valores podem ser revertidos também em benefícios econômicos, e com uma taxa de retorno significativa de 27% a.a.

Os indicadores de impactos econômicos, sociais e ambientais apresentaram resultados positivos em todos os aspectos, demonstrando que a tecnologia atende aos requisitos de benefício à sociedade. A Fossa Séptica Biodigestora tem um potencial, conforme os índices da percepção do usuário, de beneficiar tanto a saúde quanto o meio ambiente e as questões socioeconômicas inerentes à zona rural (MARMO; COSTA, 2020).

3.3. Estimativa do volume de líquidos gerados

O volume do efluente gerado por uma residência de cinco pessoas em um ano foi de 52500 litros. Conforme mencionado por Silva (2011) apud Costa e Guilhoto (2014), esse valor é comumente encontrado para pequenas propriedades rurais que utilizam a fossa séptica biodigestora como sistema de tratamento de esgoto, em que o volume de despejo é da ordem de 30 l.hab.dia.

Desta forma, mesmo para tecnologias mais simples disponíveis para a área rural, tem-se que, a construção desse sistema de saneamento, no país, poderia reduzir cerca de 5,5 milhões de infecções causadas por doenças diarreicas e cerca de 250 mortes ao ano; e que cada R\$ 1,00 investido na implementação da alternativa tecnológica avaliada poderia causar um retorno para a sociedade de R\$ 1,6 em renda interna bruta (COSTA e GUILHOTO, 2014).

Além disso, esgoto tratado gerado é considerado um biofertilizante que pode substituir a aplicação do nitrogênio sintético na adubação de pequenas lavouras. O adubo orgânico pode ser uma excelente alternativa para produtores que não têm acesso a nenhum tipo de fertilizante químico. Embora seja recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), o efluente de esgoto tratado ainda não tem norma de uso no Brasil. Além de alternativa ao fertilizante sintético, a aplicação do adubo orgânico gerado pelo sistema de saneamento básico rural visa a preservação ambiental com a destinação

adequada e a reciclagem do uso dos macronutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio. (SILVA, 2018).

Ademais, Rodrigues (2021) ressalta que o sistema Embrapa com uso de caixas de água pode compor uma estação de tratamento de esgoto para comunidades rurais e povos tradicionais como indígenas e quilombolas que, na maioria das vezes, não são atendidos por serviços de saneamento básico. Para possibilitar o reúso do efluente tratado em irrigação de cultivos de hortaliças e, entregar um sistema de tratamento eficiente e de baixo custo construído com materiais de fácil acesso, a autora apresenta um protótipo construído em escala real nos campos experimentais da Embrapa Hortaliças, de configuração compacta, dimensionada para dar vazão a um fluxo de efluentes gerado por até 500 pessoas, o que equivale a um volume diário de 50 mil litros, tendo seu custo de implantação estimado em R\$ 80 mil.

A pesquisa apresentada por Rodrigues (2021) mostra resultados parciais promissores ao analisar o padrão de qualidade da água residuária a ser utilizada para irrigação das hortaliças por gotejamento, destacando que não foi detectada em qualquer parcela do experimento a presença de coliformes termotolerantes nas alfaces colhidas, o que seria impedimento para a comercialização das hortaliças. Desta forma, evidencia-se a viabilidade do sistema em comunidades rurais, que além de evitar a contaminação dos cursos de água, gera adubo para hortaliças, que podem ser comercializadas, gerando renda à comunidade.

4 CONCLUSÃO

A concepção do sistema se mostrou compacta e viável para implantação na área do terreno em estudo. A fabricação de cada parte do sistema, apresentada neste trabalho, demanda pouco material e mão-de-obra, além de apresentar fácil entendimento para execução, mesmo para quem não tem experiência com construção civil e trabalhos manuais. Desta forma, o método se torna simples e eficiente o suficiente para ser viável tanto em termos construtivos, como em termos econômicos, se comparado ao método tradicional.

O sistema EMBRAPA associado ao círculo de bananeiras apresenta uma redução de 13,77% no custo de implantação quando comparado ao método tradicional. Além disso, o uso do sistema proposto possibilita uma redução de 52500 litros de resíduos ao

ano, sendo um valor extremamente significativo, uma vez que a propriedade não dispõe de sistema de tratamento de esgoto e lança seus efluentes *in natura* no Rio Dourados.

Ademais, sabe-se que no Brasil, excepcionalmente na zona rural, há um tratamento de esgoto precário responsável por inúmeros problemas gerados na população, afetando a qualidade de vida dos mesmos.

É importante ressaltar que o tratamento simplificado de esgoto é muito eficiente em sua proposta, tratando de maneira simples e de modo eficiente o esgoto das propriedades rurais, gerando maior qualidade de vida, prevenindo doenças de veiculação hídrica, e colaborando para a preservação dos rios e lençóis freáticos, além de tornar a propriedade mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANCHES, Jorge Luiz; QUEIROZ, Adriana dos Santos; PEREIRA, Otaviano Alves. SANEAMENTO RURAL: FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA. In: MAGNONI JÚNIOR, Lourenço *et al* (org.). **Ciência alimentando o Brasil**. 2. ed. São Paulo: Jornal da Cidade, 2018. p. 648-654.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de rede coletora de esgoto. Rio de Janeiro, 1986.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Fundação Nacional de Saúde, 2004, 480p.

BRASIL. Assembleia Legislativa. Constituição (2007). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017. SNS/MDR, 2019, 226 p.

COSTA, Cinthia Cabral da Guilhoto, Joaquim José Martins. Saneamento rural do Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [online]. 2014, v. 19, n. spe [Acesso 16 de Agosto 2021], pp 51-60. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000171>

EMBRAPA. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2020. Disponível em: <https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/estatisticas/estatisticas-ver-dados>. Acesso em: 16 maio 2021

FAUSTINO, A.S. (2007) **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos.

GALINDO, N.; DA SILVA, W.T.L.; NOVAES, A.P.; GODOY, L.A.; SOARES, M.T.S.; GALVANI, F. (2010). Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora. São Carlos: Embrapa. Série Documentos, n. 49

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Revista Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

LANGERGRABER, G.; MUELLEGGER, E. Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems? **Environment International**. v. 31, n. 3, 2005. p. 433- 444.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. **Círculo de bananeiras para tratamento de efluentes rurais**. Minas Gerais: Emater, 2016.

MARMO, Carlos Renato; COSTA, Cinthia Cabral da. RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE TECNOLOGIAS GERADAS PELA EMBRAPA. São Paulo: Embrapa, 2020. 47 p.

NIETO, Regis. Fundamentos do controle de poluição das águas. 21 set. 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Aula-02-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-Efluentes-21.07.18.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021

NOVAES, A.P.; SIMÕES, M.L.; INAMASU, R.Y.; JESUS, E.A.P.; MARTINNETO, L.; SANTIAGO, G.; DASILVA, W.T.L. (2006) Saneamento básico na área rural. In: SPADOTTO, C. & RIBEIRO, W. (Org.). **Gestão de resíduos na agricultura e na agroindústria**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. p. 262-275

OLIVEIRA, Gesner *et al.* RANKING DO SANEAMENTO INSTITUTO TRATA BRASIL 2019. São Paulo: Go Associados, 2019. 128 p. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2019/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2019_v11_NOVO_1.pdf Acesso em: 06 abr. 2021.

OTENIO, M. H.; et al. Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Embrapa Gado de Leite-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2014.

RODRIGUES, Paula. Estação de tratamento de esgoto garante água limpa para irrigação de hortaliças. 19 jan. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58709631/estacao-de-tratamento-de-esgoto-garante-agua-limpa-para-irrigacao-de-hortalicas>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SANTOS, G. B. D. dos; GIGLIO, P. H. M. **Estudo de viabilidade econômica e construtiva de um tanque séptico pré-moldado para residências unifamiliares**. 2011. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SILVA, Joana. Efluente tratado de fossa biodigestora serve de adubo para pequenos produtores. São Paulo, 04 dez. 18. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/39759154/efluente-tratado-de-fossa-biodigestora-serve-de-adubo-para-pequenos-produtores>. Acesso em: 15 ago. 2020

SPERLING, M.V. (1998) Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamentos de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 13, n. 1, p. 111-132

TONETTI, A. L.; et al. Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.227–234. Campina Grande, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n2/v14n02a15.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2021.

TRATA BRASIL, Tratabrasil.org.br, 2019, Principais estatísticas. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto.>> Acesso em 06 de abr.de 2021.

UM SÓ PLANETA. São Paulo: Editora Globo, 22 mar. 2021. Mensal. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2021/03/tratamento-de-esgoto-nas-area-s-rurais-e-50-menor-do-que-nas-urbanas.html>. Acesso em: 12 abr. 2021

UNICEF (org.). Pobreza na infância e na adolescência. Brasília: Unicef, 2018. Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/media/156/file/Pobreza_na_Infancia_e_na_Adolescencia.pdf. Acesso em: 06 abr. 2021